

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

SEI99-4A

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10229386 A**

(43) Date of publication of application: **25 . 08 . 98**

(51) Int. Cl. **H04J 14/00**
H04J 14/02
H01S 3/07
H01S 3/10
H04B 10/14
H04B 10/06
H04B 10/04
H04B 10/02

(21) Application number: **09031955**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **17 . 02 . 97**

(72) Inventor: **TOYOHARA ATSUSHI**

(54) **OPTICAL FIBER AMPLIFIER AND OPTICAL COMMUNICATION USING THE SAME**

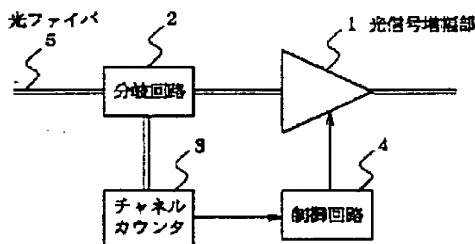
the control circuit part 4.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize an optical fiber amplifier, capable always of obtaining an optimal operational state according to a number of transmission channels and surely holding the transmission quality.

SOLUTION: This optical fiber amplifier is constituted by being provided with an optical signal amplifier part 1 to amplify an optical signal to transmit an optical fiber, which is an optical signal transmission line and a control circuit part 4 to control an amplifying operation of the optical signal amplifier part 1. In this case, the optical fiber amplifier is provided with a branching circuit 2 arranged in an optical signal transmission route and to take out a part of the power of the optical signal by branching it and a channel counter 3 to input a part of the power of the optical signal branched from the branching circuit 2 and to count the number of channels of the optical signal to be transmitted, and an amplification factor of the optical signal amplifier part 1 is controlled according to the number of channels counted at the channel counter 3 by



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-229386

(43)公開日 平成10年 (1998) 8月25日

(51)Int. Cl. ⁸

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

H 0 1 S 3/07

H 0 1 S 3/07

3/10

Z

3/10

H 0 4 B 9/00

S

H 0 4 B 10/14

U

審査請求 有 請求項の数8 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平9-31955

(22)出願日

平成9年 (1997) 2月17日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 豊原 篤志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

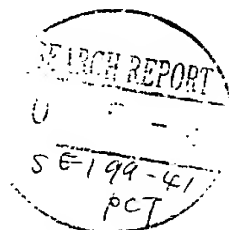
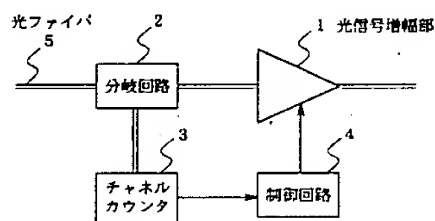
(74)代理人 弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 光ファイバアンプとこれを用いた光通信システム

(57)【要約】

【課題】 常に伝送チャネル数に応じた最適な動作状態を得ることができ、伝送品質の維持を確実にこなうことのできる光ファイバアンプを実現すること。

【解決手段】 光信号伝送路である光ファイバを伝送する光信号を増幅する光信号増幅部と、該光信号増幅部の増幅動作を制御する制御回路部とを具備する光ファイバアンプにおいて、光信号伝送経路中に配置され、伝送する光信号のパワーの一部を分岐して取り出す分岐回路と、分岐回路からの分岐された光信号のパワーの一部を入力し、伝送する光信号のチャネル数をカウントするチャネルカウンタとを有し、制御回路はチャネルカウンタにてカウントされたチャネル数に応じて光信号増幅器の増幅率を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号伝送路である光ファイバを伝送する光信号を増幅する光信号増幅部と、該光信号増幅部の増幅動作を制御する制御回路部とを具備する光ファイバアンプにおいて、

前記光信号伝送経路中に配置され、伝送する光信号のパワーの一部を分岐して取り出す分岐回路と、

前記分岐回路からの分岐された光信号のパワーの一部を入力し、伝送する光信号のチャンネル数をカウントするチャンネルカウンタとを有し、

前記制御回路は前記チャンネルカウンタにてカウントされたチャンネル数に応じて前記光信号増幅部の増幅率を制御することを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項2】 請求項1記載の光ファイバアンプにおいて、

分岐回路は光ファイバ増幅部の入力部に配置されたことを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項3】 請求項1記載の光ファイバアンプにおいて、

分岐回路は光ファイバ増幅部の出力部に配置されたことを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項4】 光信号伝送路である光ファイバを伝送する光信号を増幅する光信号増幅部と、該光信号増幅部の増幅動作を制御する制御回路部とを具備する光ファイバアンプにおいて、

前記光信号伝送経路中に配置され、伝送する光信号のパワーの一部を分岐して取り出す分岐回路と、

前記分岐回路からの分岐された光信号のパワーの一部を入力し、伝送する光信号のチャンネル数をカウントするチャンネルカウンタとを有し、

前記制御回路は前記チャンネルカウンタにてカウントされたチャンネル数に応じて前記光信号増幅部の増幅率を制御する光増幅装置が複数組設けられ、

前記複数組の光増幅装置の間には分岐／合波機能を有する光回路がそれぞれ設けられることを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項5】 請求項4記載の光ファイバアンプにおいて、

複数組の光増幅装置のいずれかを構成する分岐回路は、光ファイバ増幅部の入力部に配置されたことを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項6】 請求項4記載の光ファイバアンプにおいて、

複数組の光増幅装置のいずれかを構成する分岐回路は、光ファイバ増幅部の出力部に配置されたことを特徴とする光ファイバアンプ。

【請求項7】 請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の光ファイバアンプにおいて、

光ファイバは希土類添加ファイバからなることを特徴とした光ファイバアンプ。

【請求項8】 請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の光ファイバアンプを少なくとも一つ、光伝送路内に挿入してなる光通信システム。

【発明の詳細な説明】

〔0001〕

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の波長をそれぞれ有する複数の信号光を一つの伝送路に伝搬させて通信を行う波長多重光通信用の光回路に関し、特に多波長一括増幅用光ファイバアンプに関する。

10 【0002】

【従来の技術】 近年、高速大容量通信方式として、複数の波長の信号を一括して伝送するWDM (Wavelength Division Multiplexer) 伝送技術が脚光を浴びている。

【0003】 WDM伝送では複数の波長を伝送することにより低い伝送速度で大容量の伝送が可能となる。例えば、2.4 Gbpsの伝送速度で4波長を一括伝送する方式と、1波長で10 Gbpsを伝送する方式ではほぼ同等の伝送容量をもつことになる。現時点での技術水準では、伝送速度を向上するよりも波長多重化の方が技術的に商用化し易く、従って、伝送容量の拡大のためにWDM伝送技術の開発が盛んに行われている。

【0004】 WDM伝送では各チャンネルの伝送品質を同等に保つため、各チャンネル毎の信号レベルを揃える必要がある。信号レベルは、伝送路の挿入損失の波長依存性や光ファイバ増幅部のもつ利得の波長依存性等により決定され、できる限り各波長での利得の差（以下、「利得平坦度」）を小さくすることが要求される。光ファイバ増幅部の利得平坦度は、利得の変動により影響を受け、

30 通常、光ファイバ増幅部の出力レベルはALC (Automatic Level Control) 制御により一定に保たれる。従って、入力レベルが変動しても出力は一定であるために利得が変化し、利得平坦度に影響を与えることになる。なお、1545～1560 nm程度の波長帯において利得が1 dB変化した場合の利得平坦度の劣化量は約0.3 dBであることが実験的にわかっている。

【0005】 光ファイバ増幅部への入力レベルの変動要因は、光送信装置側における各チャンネル毎の出力レベルが一定であると仮定した場合、主として伝送路の伝搬損失の変動によるものと伝送チャンネル数の変化によるものとに大別出来る。

【0006】 特に伝送チャンネルの変化による出力レベルの変動は利得平坦度に大きな影響を与える。光ファイバアンプの出力は一般に総光出力パワーで制御され、出力一定制御の場合に入力信号パワーが変化すると光ファイバアンプの利得が変化することになる。例えば、書くチャンネルの伝送パワーが均一な16チャンネルWDM伝送の場合、伝送チャンネルが16チャンネルから1チャンネルに波数4が変化すると、入力レベルは12 dB低下（16分の

1) することになる。出力パワーは一定であるため、光ファイバアンプの利得は12 dB上昇し、その結果として、利得平坦度は約3.6 dB劣化してしまう。

【0007】伝送品質を維持するための利得平坦度としては、多段中継を考慮した場合、できる限り小さいこと(1 dB以下程度)が望まれており、チャンネル数変化に対する利得の制御は重要な技術となる。従来はチャンネル数情報を電気信号により光ファイバ増幅部の制御回路に入力し、出力レベルを決定していた。例えば16チャンネル時の総入力パワーが-8 dBm、総出力パワーが+20 dBm (利得28 dB) なら、8チャンネル伝送時では総入力パワーは-11 dBmとなり、総出力パワーは+17 dBm (利得28 dB) となるよう制御する必要がある。

【0008】図10および図11のそれぞれは光ファイバアンプの従来例の構成を示すブロック図である。

【0009】図10に示す従来例では、チャンネル数情報信号S201は光ファイバ伝送路とは別の系統から制御回路204に入力され、制御回路204はチャンネル数情報信号S201が示すチャンネル数信号に応じて、光ファイバ伝送路を伝送する光信号を増幅する光信号増幅部201の増幅度を決定していた。

【0010】図11に示す従来例は、2つの光信号増幅部211、212を用いて増幅能力を高くしたものであり、チャンネル数情報信号S201は光ファイバ伝送路とは別の系統から制御回路204に入力され、制御回路204はチャンネル数情報信号S201が示すチャンネル数信号に応じて、光ファイバ伝送路を伝送する光信号を増幅する光信号増幅部211、212の増幅度を決定していた。

【0011】チャンネル数情報信号S201を光ファイバ伝送路とは別の系統から制御回路204に入力する構成としては、光ファイバ伝送路とは別の線路から電気信号で制御回路204に入力する方法や、光ファイバ伝送路を信号波長とは別の波長(例えば信号は1.55 μ m帯でありチャンネル情報は1.31 μ m帯を使用)を用い、O/E変換し制御回路204に入力する方法などがある。

【0012】近年ではさらに、光信号を伝送路の途中で分岐させて別の支線に出力したり(DROP)、別の支線から伝送路に光信号を加える(ADD)機能をもった光分岐/合波機能を備える回路(以下、ADD/DROP回路と称する)の開発も活発に行われている。ADD/DROP回路を光ファイバ増幅部に内蔵する場合には、ADD/DROP回路の挿入損失によるNF(Noise Figure)の劣化を抑えるため、光ファイバアンプを前段と後段に分け、その段間に挿入する構成が考えられる。この場合、前段と後段でチャンネル数が変化するため、前段及び後段を制御する回路にそれぞれチャンネル数の情報を与える必要がある。

【0013】図12および図13のそれぞれは、上述したようなADD/DROP回路を用いた光ファイバアンプの従来例の構成を示すブロック図であり、いずれも二つの光信号増幅部211、212の間にADD/DROP回路209を挿入した場合の従来例である。

【0014】図12に示す従来例では、制御回路241はチャンネル数情報信号S201に示されるチャンネル数に応じた光信号増幅を光信号増幅部211に行なわせ、また、チャンネル数情報信号S201に示されるチャンネル数を伝達する。光信号増幅部211は光増幅を行なうとともに信号波長とは異なる波長の光信号によりチャンネル数情報信号S201に示されるチャンネル数を光伝送路を介してADD/DROP回路209へ出力する。ADD/DROP回路209は光分岐/合波を行なって光伝送路を介して光信号増幅部212へ送出するとともに、光伝送されたチャンネル数情報信号S201に示されるチャンネル数をチャンネル数信号S202として制御回路242へ出力する。制御回路242はチャンネル数情報信号S202に示されるチャンネル数に応じた光信号増幅を光信号増幅部212に行なわせる。

【0015】図13に示す従来例に置ける動作も概ね図12に示す従来例と同様であるが、チャンネル数情報信号S201が制御回路241とともに、制御回路242にも直接入力される構成とされ、これによる光増幅制御が光信号増幅部211、212で行なわれる構成とされている。

【0016】

【本発明が解決しようとする課題】上述した従来の光ファイバアンプでは、利得平坦度を調整するためのチャンネル数情報は電気信号の形態で光信号増幅部の制御回路に与えており、何らかの原因で光ファイバ増幅部に入力される実際のチャンネル数と電気信号の情報が一致しない場合は、光ファイバ増幅部の最適動作が不可能になり、利得平坦度の劣化をまねく。

【0017】例えば、複数の波長の信号光源を合波器で合波し一本の光ファイバに出力する装置(MUX)において、ある波長が合波されなかった場合には、nチャンネル(nは自然数)のチャンネル数情報が制御回路に入力されていても、実際にはn-mチャンネル($n \geq m \geq 0$ であり、合波されなかった波長数)しか伝送されていないことになる。

【0018】よって、光ファイバ増幅部の制御はnチャンネル対応で行われるが、実際にはmチャンネルしか入力されないため、利得平坦度が劣化してしまう。

【0019】利得平坦度は、伝送品質を維持するために最も重要なものの1つであり、従来例では伝送本質の維持を確実に行なうことができないという問題点がある。

【0020】本発明は上述したような従来の技術が有する問題点に鑑みてなされたものであって、実際に光ファイバアンプに入力されるチャンネル数を光ファイバアンプ

ブ自身で読みとり、自己制御をすることにより、常に伝送チャンネル数に応じた最適な動作状態を得ることができ、伝送品質の維持を確実にこなうことのできる光ファイバアンプを実現することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバアンプは、光信号伝送路である光ファイバを伝送する光信号を増幅する光信号増幅部と、該光信号増幅部の増幅動作を制御する制御回路部とを具備する光ファイバアンプにおいて、前記光信号伝送経路中に配置され、伝送する光信号のパワーの一部を分岐して取り出す分岐回路と、前記分岐回路からの分岐された光信号のパワーの一部を入力し、伝送する光信号のチャンネル数をカウントするチャンネルカウンタとを有し、前記制御回路は前記チャンネルカウンタにてカウントされたチャンネル数に応じて前記光信号増幅部の増幅率を制御することを特徴とする。

【0022】本発明の他の形態による光ファイバアンプは、光信号伝送路である光ファイバを伝送する光信号を増幅する光信号増幅部と、該光信号増幅部の増幅動作を制御する制御回路部とを具備する光ファイバアンプにおいて、前記光信号伝送経路中に配置され、伝送する光信号のパワーの一部を分岐して取り出す分岐回路と、前記分岐回路からの分岐された光信号のパワーの一部を入力し、伝送する光信号のチャンネル数をカウントするチャンネルカウンタとを有し、前記制御回路は前記チャンネルカウンタにてカウントされたチャンネル数に応じて前記光信号増幅部の増幅率を制御する光増幅装置が複数組設けられ、前記複数組の光増幅装置の間には分岐／合波機能を有する光回路がそれぞれ設けられることを特徴とする。

【0023】上記のいずれにおいても、分岐回路は光ファイバ増幅部の入力部に配置されてもよく、また、光ファイバ増幅部の出力部に配置されてもよい。

【0024】また、光ファイバは希土類添加ファイバからなるとしてもよい。

【0025】本発明の光通信システムは、上記のように構成された光ファイバアンプを少なくとも一つ、光伝送路内に挿入してなる。

【0026】本発明の光ファイバアンプは、波数カウンタを内蔵しており、実際に伝送されているチャンネル数をカウントし、その情報を制御回路にフィードバックして増幅制御がなされるので、実際に伝送されているチャンネル数に応じた最適な動作を行なうことができ、利得平坦度が安定したものとなる。

【0027】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0028】図1は本発明による光ファイバアンプの一実施例の構成を示すブロック図である。

【0029】本実施例は、伝送信号損失を少ないという特性から、希土類添加されたものが用いられる光ファイ

バ5を伝送する多波長光信号は、分岐回路2によりその信号パワーの一部がチャンネルカウンタ3に入力される。チャンネルカウンタ3では伝送されている光信号の波数をカウントし、カウント値をチャンネル数情報として制御回路4に出力する。制御回路4では入力されたチャンネル数情報に応じて光信号増幅部の出力レベルを制御する。この出力レベルの制御は、利得が一定になるように行われるためにAGC (Automatic Gain Control) と呼ばれる制御が行なわれる。

10 【0030】本実施例の構成により、光信号増幅部1は常に実際のチャンネル数情報を元に動作を制御することとなり、利得平坦度が安定なものとなり、伝送品質を高く維持することが可能となっている。

【0031】なお、光信号増幅部1の入出力のチャンネル数は同じであるため、図2に示すように分岐回路2、チャンネルカウンタ3を光ファイバ増幅部1の出力部に配置することも可能である。図2に示す実施例においては、光信号増幅部1の出力光に含まれる光信号の波数がカウントされて制御回路4に出力され、制御回路4では入力されたチャンネル数情報に応じて光信号増幅部の出力レベルを制御する。

20 【0032】図3および図4のそれぞれは本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。図3および図4に示される各実施例は、図1および図2に示した実施例の間にADD/DROP回路9を配置した構成を有するものである。

【0033】図3に示す実施例において、図2に示した構成（光増幅装置）の制御が、分岐回路21、チャンネルカウンタ31および制御回路41により行なわれる光信号増幅部11と、図3に示した構成の制御が、分岐回路22、チャンネルカウンタ32および制御回路42により行なわれる光信号増幅部12との間に、ADD/DROP回路9を配置されている。

30 【0034】分岐回路21は光信号をチャンネルカウンタ31とともにADD/DROP回路9へ出力する。ADD/DROP回路9では、mチャンネル分をDROPし、nチャンネル分をADDする。

【0035】また、図4に示す実施例では、光信号増幅部11に対する制御が図1に示したものとされ、光信号増幅部12に対する制御が図2に示したものとされ、これらの間に分岐回路9が設けられている。

【0036】上記のように構成される各実施例においても、光信号増幅部11、12は常に実際のチャンネル数情報を元に動作を制御することとなり、利得平坦度が安定なものとなり、伝送品質を高く維持することが可能となっている。

【0037】なお、図3および図4に示した実施例では、光増幅装置が2段構成のものについて説明したが、さらに多段構成として、ADD/DROP回路を間に設けて分岐と合波を多く行なうものについても同様に構成

することができこのように構成してもよい。

【0038】また、上記のような利得平坦度が安定なものとなり、伝送品質を高く維持することが可能であるという特徴を有する本発明の各実施例記載の光ファイバアンプを組み合わせる光通信システムを構築した場合には、同様の効果を得ることができ、このように構成してもよい。

【0039】図5乃至図7および図8乃至図9のそれぞれは、上述した各実施例で波長数をカウントするチャンネルカウンタ(3, 31, 32)の基本構成の一例を示すブロック図である。

【0040】まず、図5乃至図7に示される方式について説明する。

【0041】図1乃至図4における分岐回路(2, 21, 22)の光出力は、波長可変フィルタ51に入力される。波長可変フィルタ51の出力は光受光器(Photo Detector)であるPD71に入力され、電気信号に変換される。ピークカウンタ81ではPD71の出力レベルのピーク値をカウントし、制御回路41へ出力する。可変波長フィルタ51とピークカウンタ81は波長可変フィルタ制御回路61により同期がとられている。この波長可変フィルタ51は信号帯域幅を時間的にスイープする光バンドパスフィルタであり、スイープ方式としては電圧制御方式や機構スライド方式等の方法がある。例えば、図6に示す様な、4波長の多波長信号が入力された場合、PD71の出力は図7に示すものとなり、ピークカウンタ81はこれらのピーク値をカウントする。

【0042】次に、図8乃至図10に示される方式について説明する。

【0043】図1乃至図4における分岐回路(2, 21, 22)の出力はPD71に入力され、演算子101に入力される。PD71の出力は図9に示すようにチャンネル数に応じて増減する。演算子101によりPD71の出力とチャンネル数を予め対応づけて記憶しており、これによりチャンネル数を確認してチャンネル数情報を得る。

【0044】

【実施例】実施例について述べる。構成は図3と同等とし、チャンネルカウンタの方式としては図8および図9にて説明した方式を採用した。

【0045】伝送波長は1553nmから1560nmの間に1nm間隔で8波長を選択した。波長の信号レベルは-20dBm/ch(-11dBm/8ch相当)として分岐回路21に入力した。光ファイバアンプ12からの出力レベルは+8dBm/ch(+17dBm/8ch相当)となるように光信号増幅部11, 12の利得を設定した。ADD/DROP回路にはAWG(Arrayed Waveguide Grating)を用いた。8波長出力時の利得平坦度は0.2dBであった。チャンネルカウンタ31, 32の動作を止め、8波長

固定の波長情報を制御回路41, 42に与えた場合と本発明構成での波形平坦度の差を比較する。

【0046】ADD/DROP回路9により、4波長分の信号をDROPしたところ、本実施例による利得平坦度は0.2dBと変化しなかったが、波数カウンタの動作を止めた場合には1.0dBと大きく劣化することが確認された。この状態で、チャンネルカウンタを動作させたところ、直ちに0.2dBに改善され、本実施例の有効性が確認された。

10 【0047】

【発明の効果】このように本発明による構成では、特に多波長伝送用の光ファイバアンプの制御に有効であり、利得平坦度を一定に保ち、伝送品質を安定させるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

20 【図3】本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明で用いられるチャンネルカウンタの構成を示すブロック図である。

【図6】本発明で用いられるチャンネルカウンタの構成を示すブロック図である。

【図7】本発明で用いられるチャンネルカウンタの構成を示すブロック図である。

30 【図8】本発明で用いられるチャンネルカウンタの構成を示すブロック図である。

【図9】本発明で用いられるチャンネルカウンタの構成を示すブロック図である。

【図10】従来例の構成を示すブロック図である。

【図11】従来例の構成を示すブロック図である。

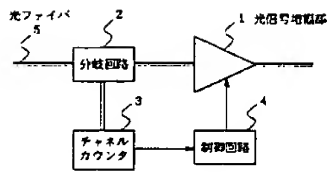
【図12】従来例の構成を示すブロック図である。

【図13】従来例の構成を示すブロック図である。

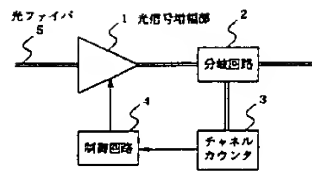
【符号の説明】

- | | |
|-----------|--------------|
| 1; 11, 12 | 増幅部 |
| 2, 21, 22 | 分岐回路 |
| 3, 31, 32 | チャンネルカウンタ |
| 4, 41, 42 | 制御回路 |
| 51 | 長可変フィルタ |
| 61 | 波長可変フィルタ制御回路 |
| 71 | PD |
| 81 | ピークカウンタ |
| 9 | ADD/DROP回路 |
| 101 | 演算子 |

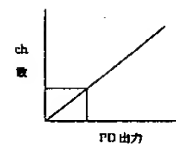
〔図1〕



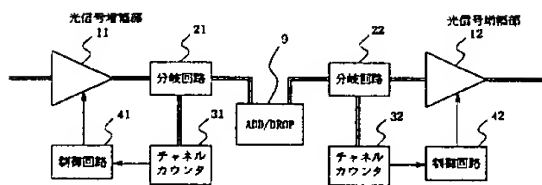
〔図2〕



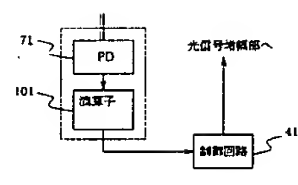
〔図9〕



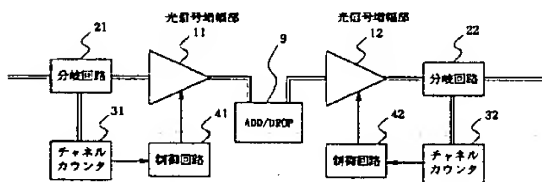
〔図3〕



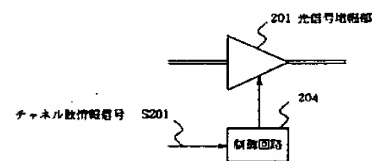
〔図8〕



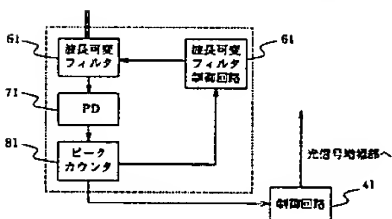
〔図4〕



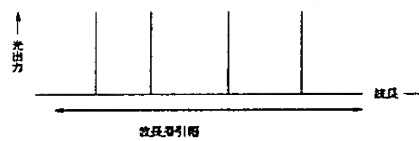
〔図10〕



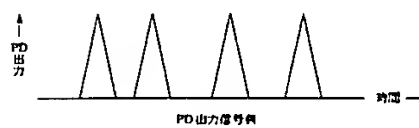
〔図5〕



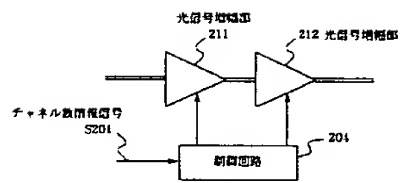
〔図6〕



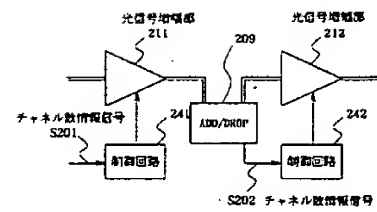
〔図7〕



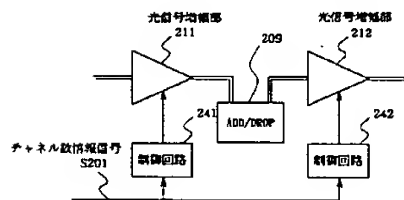
〔図11〕



〔図12〕



〔図13〕



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁹

H04B 10/06

10/04

10/02

識別記号

F I